

# 芦荟汁对废电池胁迫下玉米质膜透性及保护酶的影响

王红星, 纪秀娥, 胡玉净, 史留功, 古红梅

(周口师范学院 生命科学系, 河南 周口 466000)

**摘要:** 采用土培法, 研究了不同质量浓度的芦荟汁对废电池胁迫下玉米幼苗质膜透性和保护酶活性的影响。结果表明, 与废电池胁迫处理相比, 在 100 g/L 质量浓度的芦荟汁作用下, 玉米幼苗叶片的保护酶超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活力增强, 分别增加了 20.33% 和 257.14%; 丙二醛(MDA)含量降低了 10.3%, 膜脂过氧化程度减弱; 电导率减小了 6.78%, 质膜透性下降、膜稳定性增强, 说明低质量浓度的芦荟汁对废电池液胁迫下玉米幼苗的毒害具有一定的缓解作用, 其质量浓度过高则缓解作用减弱。以 100 g/L 的芦荟汁处理较为适宜。

**关键词:** 废电池; 芦荟汁; 玉米; 质膜透性; 保护酶

**中图分类号:** Q945    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1004-3268(2012)01-0036-04

## Effect of Aloe Extracts on Plasma Membrane Permeability and Protective Enzyme Activities of Maize Seedlings under Used Battery Stress

WANG Hong-xing, JI Xiu-e, HU Yu-jing, SHI Liu-gong, GU Hong-mei

(College of Life Science, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466000, China)

**Abstract:** The method of soil culture was used to study effect of different density of aloe extracts on permeability of plasma membrane and activities of protective enzymes of maize (*Zea mays* L.) seedlings under used battery stress. The results showed that 100 g/L of aloe extracts increased the activities of superoxide dismutase(SOD) and peroxidase (POD) separately by 20.33% and 257.14%, and decreased the conductivity and malondialdehyde (MDA) content by 6.78% and 10.3%, respectively, compared with those only under used batteries stress. And membrane lipid peroxidation weakened, membrane permeability reduced and membrane stability increased. The results indicated that the toxic action of used batteries stress on maize seedling could be weakened by low concentration of aloe extracts, while higher concentration of aloe extracts reduced the effect, with 100 g/L as the optimum concentration.

**Key words:** used battery; aloe extracts; maize (*Zea mays* L.); plasma membrane permeability; protective enzymes

日常所用的普通干电池中含有汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、镍(Ni)、锰(Mn)和等重金属及酸、碱等电解质溶液, 废电池丢弃后重金属物质会逐渐渗透到水体和土壤, 造成环境污染, 并危害生物。据报道, 在 Hg、Cd、Pb、Ni、Mn 等重金属胁迫下, 幼苗根系的生长受

到抑制<sup>[1-2]</sup>; 植物保护酶系统紊乱, 膜脂过氧化作用加剧<sup>[3-5]</sup>, 活性氧 (ROS) 的代谢平衡失调, 从而导致氧化损伤, 降低光合和呼吸速率, 引起产量和品质下降<sup>[6-9]</sup>。因此, 如何缓解重金属对植物的毒害、解决废电池的污染问题越来越受到人们的关注。

收稿日期: 2011-07-12

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011B210033)

作者简介: 王红星(1967-), 女, 河南周口人, 副教授, 硕士, 主要从事植物逆境生理方面的研究。E-mail: wanghx0606@126.com

芦荟(*Aloe*)以其消炎抗菌、促进伤口愈合、防止细胞老化、促进细胞新陈代谢、提高机体免疫功能等功效<sup>[10-11]</sup>,在医药、保健、食品等行业得到广泛应用。但关于芦荟生理功效的研究主要集中在对动物的药用方面,对植物影响的研究报道较少<sup>[12-13]</sup>。本试验以粮、饲兼用玉米为材料,探讨了施用不同质量浓度芦荟汁对废电池胁迫下玉米幼苗质膜透性和保护酶活性的影响,为探索缓解废电池对植物的毒害作用提供新途径,同时为今后我国对芦荟的利用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试玉米品种郑单 958,购于周口市农业科学院;库拉索芦荟(*Aloe vera* L. Burm. f),由市场购买。

### 1.2 材料处理

将 2 节 5 号电池剥开,放入烧杯中,加入 1 000 mL 蒸馏水,浸泡 24 h 后过滤,得电池浸出液原液,然后将其与蒸馏水按 1:4 的比例配制稀释液。另取 2~3 a 生库拉索芦荟叶片,蒸馏水洗净后吸干水分,用高速组织捣碎机打成匀浆,4 层纱布过滤得芦荟汁。用 1:4 废电池浸出液配制成 0、50、100、150、200、250、300 g/L 的溶液,并编号 1~7,以 0 号(蒸馏水)为对照。选择均一、饱满的玉米种子,用 10% NaClO 消毒 10 min 后,用蒸馏水冲洗干净。将种子分成 8 份,每份 50 粒,每份均重复 7 次,编号 0~7,用含不同质量浓度芦荟汁的废电池液浸种 12 h 后,种在相应编号等质量经过筛选和翻晒的松软砂土的纸杯中,于室温下培养,待幼苗长出 4 片真叶时,选取同位叶测定酶活性及相应生理指标,每样重复 3 次。试验过程中每 48 h 浇一次等量相应编号的溶液。

### 1.3 生理指标的测定

超氧化物歧化酶(SOD)活力的测定采用联苯三酚自氧化法;过氧化物酶(POD)活力的测定采用愈创木酚比色法<sup>[14]</sup>;电导率的测定采用李合生的方法<sup>[15]</sup>,丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法<sup>[15]</sup>。

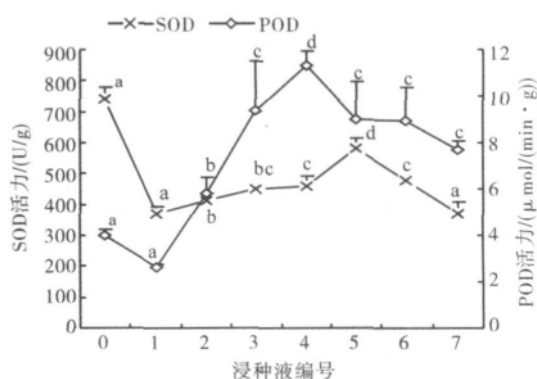
测定结果采用 SPSS 统计软件,在 95% 水平上进行 One-Way ANOVA 分析样品间差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 芦荟汁对废电池胁迫下玉米幼苗保护酶活性的影响

SOD 是一种广泛存在于生物界的金属酶类,作

为植物抗氧化系统的第一道防线,清除细胞中多余的 ROS。当细胞受到逆境胁迫产生较多的 ROS 时,植物体内 SOD 的活性被诱导而增强,以清除植物体内产生的过多的 ROS。图 1 显示,废电池胁迫下,玉米幼苗 SOD 活性显著降低,比蒸馏水降低了 49.9%;与废电池胁迫相比,用一定质量浓度(50、100、150、200 g/L)的芦荟汁处理,其 SOD 活力随芦荟汁质量浓度的升高而升高,分别升高了 11.16%、20.33%、23.83%、55.71%,在 200 g/L 达到最大值。但是随着芦荟汁质量浓度的持续升高,幼苗的 SOD 活力又逐渐下降,但整体上仍然高于废电池处理的幼苗。这说明,低质量浓度的芦荟汁处理能够提高废电池胁迫下玉米幼苗的 SOD 酶活力,降低细胞受伤害的程度。



不同小写字母表示各处理间的差异显著性( $P < 0.05$ )。下同

图 1 玉米幼苗抗氧化酶活性的变化

POD 是一种活性较高的适应性酶,参与植物体内对病菌、伤害等的防御和保护作用,具有清除过氧化氢( $H_2O_2$ ),减轻其对有机体伤害的作用。图 1 显示,玉米叶片内 POD 活性的变化趋势和 SOD 相似,即废电池处理导致酶活性显著下降,比对照下降了 34.38%;废电池胁迫下,用 50、100、150 g/L 的芦荟汁处理,随质量浓度的增高酶活性出现先增高后降低的趋势,分别增加了 122.22%、257.14%、331.75%,芦荟汁质量浓度为 150 g/L 时,POD 活性最高,而且各质量浓度间变化显著。说明低质量浓度的芦荟汁能诱导酶的活性,高质量浓度对酶活性具有抑制作用。

### 2.2 芦荟汁对废电池胁迫下玉米幼苗质膜透性、MDA 的影响

植物细胞膜对维持细胞的正常代谢起着重要作用,当受到逆境胁迫时,细胞膜透性增大,电解质外渗导致电导率加大。因此,电导率的高低代表质膜透性的大小。图 2 显示,对照组玉米幼苗叶片电导率最低,废电池处理,叶片电导率提高了 22.92%,

电导率的升高说明细胞完整性受损;外源芦荟汁处理使叶片中电导率明显下降,质膜受伤害程度明显减轻,表现出随质量浓度升高先降后升的变化,芦荟汁质量浓度在 50~250 mg/L,电导率减少了 5.09%~16.95%,但芦荟汁质量浓度在 150~250 mg/L,电导率的变化不明显。随后电导率开始升高,说明低质量浓度芦荟汁对玉米幼苗叶片细胞电解质的外渗作用有所缓解,高质量浓度的芦荟汁缓解作用减弱。

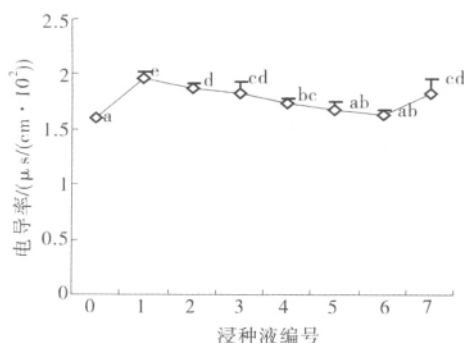


图 2 玉米幼苗电导率的变化

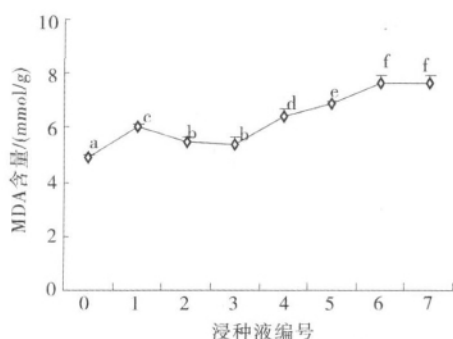


图 3 玉米幼苗 MDA 的变化

植物器官在衰老或逆境条件下,由于自由基的毒害会发生膜脂过氧化作用,其产物 MDA 会严重损伤细胞膜系统<sup>[16-17]</sup>。废电池胁迫导致玉米叶片 MDA 含量明显升高,比对照增加了 22.59%;50~100 g/L 的外源芦荟汁处理,玉米幼苗叶片中的 MDA 含量又明显下降,下降了 9.08%~10.3%,2 个质量浓度间 MDA 的变化不显著。芦荟汁质量浓度超过 100 g/L 时,MDA 含量又逐渐上升甚至高于对照组。说明,在一定质量浓度范围内,芦荟汁可以减轻废电池液胁迫下玉米幼苗的膜脂过氧化作用,从而缓解废电池中重金属的胁迫,而高质量浓度的芦荟汁则会使这种缓解作用逐渐减弱,质量浓度过高甚至会加剧过氧化作用。

### 3 讨论与结论

正常生理条件下,植物体内的 SOD、POD 等抗氧

化酶通过协同作用,限制细胞在代谢过程中产生的超氧化物阴离子自由基( $O_2^- \cdot$ )、羟自由基( $\cdot OH$ )、过氧化氢( $H_2O_2$ )、单线态氧( $^1O_2$ )等 ROS 对细胞的伤害。在较高质量浓度重金属胁迫时,植物体内 ROS 的产生加快,当 ROS 超出抗氧化酶的清除能力时,则会导致 SOD、POD 活性降低<sup>[5,9]</sup>。本试验中废电池胁迫下,SOD、POD 活性明显降低也证明了这点。施用一定质量浓度的芦荟汁处理,能明显提高 SOD、POD 活性,这可能是芦荟中的生物活性物质能诱导抗氧化酶的生成,或增强其活性,调节抗氧化系统的代谢平衡,提高植物抗逆境胁迫能力。这与李景原<sup>[12]</sup>的研究,芦荟蒽醌类物质能提高抗氧化酶活力减轻 UV 辐射对植物的伤害的结果一致。

重金属胁迫下,膜脂过氧化的终产物是 MDA,MDA 又能攻击质膜内生物大分子,阻止新脂类的合成,导致膜的损伤和破坏<sup>[18]</sup>,增大膜的透性。因此,MDA 是衡量脂质过氧化损伤的重要指标<sup>[19-20]</sup>,MDA 含量越多,说明膜损伤越严重。本研究结果显示,玉米幼苗在废电池胁迫下,MDA 含量升高,同时伴随着电导率增大,说明膜系统受到一定程度的损伤,导致质膜透性增大。100 mg/L 的芦荟汁处理,能明显降低叶片中 MDA 的含量和电导率,减轻废电池液胁迫下玉米幼苗叶片细胞质膜过氧化程度,缓解废电池对膜的伤害,维持膜的选择透过性,提高玉米幼苗对废电池液的适应性。

综上所述,废电池溶液对玉米幼苗有一定的毒害作用,外源芦荟汁处理,能诱导玉米抗氧化酶的产生,并调节其活性,使 MDA 含量下降,消除或缓解氧化损伤,减轻废电池对玉米幼苗的毒害作用,促进植物的生长发育并提高其抗逆性,综合各指标的变化幅度,100 mg/L 的芦荟汁缓解效果最佳,高质量浓度的芦荟汁缓解作用减弱。因此,本试验结果可以为芦荟在农业生产上的应用提供理论依据,并期望开发成为一种新型的植物生长调节剂和抗病诱导子,从而促进植物的生长发育和提高抗逆、抗病性,为芦荟的应用开辟新的领域。芦荟中的活性成分复杂,在提高植物抗逆性方面,是哪些成分的功效还是各种成分的协同作用还有待于进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 何俊瑜,任艳芳,严玉萍,等. 镉胁迫对水稻幼苗生长和根尖细胞分裂的影响[J]. 土壤学报,2010,47(1):138-144.
- [2] Kozhevnikova A D, Seregin I V, Bystrova E I, *et al.* Effects of heavy metals and strontium on division of root cap cells and meristem structural organization[J]. Russian Journal

- of Plant Physiology, 2007, 54(2): 257-266.
- [3] Reddy A M, Kumar S G, Jyothsnakumari G, *et al.* Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegear (*Macrostoma uni lorum* (Lam.) Verdc) and bengalgram (*Cicer arietinum* L.) [J]. Chemosphere, 2005, 60: 97-104.
- [4] 谷巍, 施国新, 巢建国, 等. 汞、镉、铜污染对鱼草细胞膜系统的毒害作用[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1138-1143.
- [5] 宇克莉, 孟庆敏, 邹金华. 镉对玉米幼苗生长、叶绿素含量及细胞超微结构的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 118-123.
- [6] 孙光闻, 朱祝军, 方学智. 不同镉水平对白菜生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 378-380.
- [7] Lei Y, Chen K, Tian X, *et al.* Effect of Mn toxicity on morphological and physiological changes in two populus cathayana populations originating from different habitats[J]. Trees - Structure and Function, 2007, 21: 569-580.
- [8] Shi Q H, Zhu J Z. Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 5: 317-326.
- [9] 王海华, 冯涛, 彭喜旭, 等. 锰对锰超积累植物美洲商陆抗氧化系统的影响[J]. 应用生态学报. 2009, 20(10): 2481-2486.
- [10] 杨庆云, 方唯硕. 芦荟属药用植物的化学成分和药理性[J]. 天然产物研究开发, 2006, 18(增刊): 172-178.
- [11] 陈国和, 刘玉鑫, 张新申, 等. 芦荟的化学成分及其分离和分析[J]. 化学研究与应用, 2002, 14(2): 1004-1006.
- [12] 李景原, 丁位华, 王太霞, 等. 外源芦荟蒽醌类物质对增强 UV 胁迫下菠菜生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2008, 28(7): 1404-1409.
- [13] 王红星, 李青芝, 王翠平. 芦荟汁对大豆植株生理生化特性的影响[J]. 河南农业科学, 2010(3): 30-33.
- [14] 刘萍, 李明军. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] 黄强, 司菲斐, 符伟涛, 等. Cu 胁迫对小白菜生理生化特性的影响[J]. 现代食品科技, 2008(11): 1673-1678.
- [17] 鲁艳, 何明珠, 马全林, 等. 镍胁迫对 7 种旱生植物种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2009, 28(6): 26-29.
- [18] 唐咏, 王萍萍, 张宁. 植物重金属毒害作用机理研究现状[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 551-555.
- [19] 苏金为, 王湘平. 镉诱导的茶树苗膜脂过氧化和细胞程序性死亡[J]. 植物生理学与分子生物学学报, 2002, 28(4): 292-298.
- [19] 江春美, 刘健, 王晓玲. 铅对银杏茎段愈伤组织生长的影响[J]. 现代农业科技, 2008(23): 9-11.

~~~~~

(上接第 35 页)

- [2] Chen L Z, Wang W Q, Lin P. Photosynthetic and physiological responses on *Kandelia candel* L. Druce seedlings to duration of tidal immersion in artificial seawater[J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54: 256-266.
- [3] Carvalho L C, Amancio S. Antioxidant defence system in plantlets transferred from in vitro to ex vitro: effects of increasing light intensity and CO<sub>2</sub> concentration[J]. Plant Science, 2002, 162: 33-40.
- [4] 李玉昌, 李阳生, 李绍清. 淹涝胁迫对水稻生长发育危害与耐淹性机理研究的进展[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(增): 70-76.
- [5] 李阳生, 李绍清, 李达模, 等. 杂交稻与常规稻对涝渍环境适应能力的比较研究[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1): 45-51.
- [6] 李阳生, 李绍清. 淹涝胁迫对水稻生育后期的生理特性和产量性状的影响[J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(2): 117-122.
- [7] 唐建军, 王永锐, 傅家瑞. 水稻对渍水稻田土壤缺氧胁迫的反应[J]. 中国稻米, 1995(1): 29-31.
- [8] 刘战东, 肖俊夫, 南纪琴, 等. 淹涝对夏玉米形态、产量及其构成因素的影响[J]. 人民黄河, 2010, 32(12): 157-159.
- [9] 沈荣开, 王修贵, 张瑜芳. 涝渍排水控制指标的初步研究[J]. 水利学报, 1999, 30(3): 71-74.
- [10] 汤广民. 以涝渍连续天数为指标的排水标准试验研究[J]. 水利学报, 1999, 30(4): 25-29.
- [11] 鲁伟林. 淹水对水稻撒播成苗的影响[J]. 现代农业科技, 2009(19): 18-19.